



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 16 391.3

**Anmeldetag:** 10. April 2003

**Anmelder/Inhaber:** ROBERT BOSCH GMBH,  
70469 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum Betreiben einer  
Brennkraftmaschine insbesondere  
eines Kraftfahrzeugs

**IPC:** F 02 M, F 02 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 29. Januar 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Hintermeier'.

Hintermeier

5 08.04.2003 SCH/NEG  
Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10 Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine  
insbesondere eines Kraftfahrzeugs

Stand der Technik

15

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem Kraftstoff einem Kraftstoffspeicher unter einem Druck zugeführt wird, und bei dem der Kraftstoff über ein Einspritzventil in einen Brennraum eingespritzt wird. Die Erfindung betrifft ebenfalls ein Computerprogramm, ein Steuergerät und eine Brennkraftmaschine entsprechender Art.

Ein derartiges Verfahren ist beispielsweise durch Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung bekannt.

Bei derartigen Brennkraftmaschinen ist es bekannt, dass die Einspritzventile aufgrund des Verbrennungsprozesses verkoken können. Dies bedeutet, dass sich an den Einspritzventilen Ablagerungen bilden, und zwar insbesondere an der Spitze der Einspritzventile. Diese abgelagerten Partikel können den Durchfluss von Kraftstoff durch das Einspritzventil behindern. Ebenfalls können die Ablagerungen die Charakteristik des von dem Einspritzventil erzeugten Einspritzstrahls verändern. Dies alles kann zu

einer verminderten Qualität der Verbrennung und damit zu erhöhter Schadstoffentwicklung führen.

5 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zu schaffen, mit dem eine Reinigung der Einspritzventile durchgeführt werden kann.

#### Lösung und Vorteile der Erfindung

10 Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass eine Verkokung des Einspritzventils ermittelt wird, und dass eine erste Kraftstoffdruckerhöhung vorgenommen wird, wenn die Verkokung einen Schwellwert überschreitet. Bei einem  
 15 Computerprogramm oder einem Steuergerät oder einer Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art wird die Aufgabe entsprechend gelöst.

Die Kraftstoffdruckerhöhung wirkt auf mögliche Ablagerungen bzw. auf die abgelagerten Partikel derart ein, dass diese abgelöst und damit entfernt werden. Dies stellt eine Reinigung des Einspritzventils dar. Zusätzlich zu dieser Entfernung bestehender Ablagerungen wird durch die Kraftstoffdruckerhöhung auch erreicht, dass sich neue  
 25 Ablagerungen langsamer oder gar nicht aufbauen.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird die erste Kraftstoffdruckerhöhung für eine vorgebbare Zeitdauer vorgenommen. Damit wird erreicht, dass die  
 30 Kraftstoffdruckerhöhung automatisch wieder beendet wird.

Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn die erste Kraftstoffdruckerhöhung wiederholt wird. Damit besteht die weitere Möglichkeit einer Reinigung der Einspritzventile,  
 35 wenn die erste Durchführung der Kraftstoffdruckerhöhung

noch keine vollständige Reinigung bewirkt hat. Durch die mehrfache Wiederholung der Kraftstoffdruckerhöhung kann somit eine effektive Reinigung der Einspritzventile erreicht werden.

5

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Wiederholung der ersten Kraftstoffdruckerhöhung beendet, wenn die Verkokung einen Schwellwert unterschreitet, und/oder wenn die Anzahl der Wiederholungen  
10 einen Schwellwert überschreitet. In beiden Fällen wird erreicht, dass die Kraftstoffdruckerhöhung mehrfach durchgeführt wird, dass sie aber automatisch auch wieder beendet wird.

15

Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in  
20 beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

25

Ausführungsbeispiele der Erfindung

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen  
30 Brennkraftmaschine, und

Figur 2 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben der Brennkraftmaschine der Figur 1

35

In der Figur 1 ist eine Brennkraftmaschine 10 dargestellt, die insbesondere zur Verwendung in einem Kraftfahrzeug vorgesehen ist. Bei der Brennkraftmaschine 10 handelt es sich um eine Benzin-Brennkraftmaschine mit

5 Direkteinspritzung. Die nachfolgend beschriebene Erfindung kann jedoch in entsprechender Weise auch bei einer Diesel-Brennkraftmaschine angewendet werden.

10 Die Brennkraftmaschine 10 weist einen Zylinder 11 auf, in dem ein Kolben 12 hin- und herbewegbar ist. Der Zylinder 11 und der Kolben 12 begrenzen einen Brennraum 13. Mit dem Brennraum 13 ist ein Ansaugrohr 14 verbunden, über das dem Brennraum 13 Luft zuführbar ist. Weiterhin ist an den Brennraum 13 ein Abgasrohr 15 angeschlossen, über das Abgas  
15 aus dem Brennraum 13 abströmen kann. Zur Steuerung der Luftzufuhr und des Abgasstromes sind Ventile 16 vorgesehen. Weiterhin sind dem Brennraum 13 ein Einspritzventil 17 und eine Zündkerze 18 zugeordnet. Über das Einspritzventil 17 kann Kraftstoff in den Brennraum 13 eingespritzt werden und  
20 mit Hilfe der Zündkerze 18 kann der eingespritzte Kraftstoff in dem Brennraum 13 entzündet und damit verbrannt werden.

25 Das Einspritzventil 17 ist über eine Hochdruckleitung 19 mit einem Kraftstoffspeicher 20 verbunden. Dem Kraftstoffspeicher 20 wird laufend Kraftstoff unter einem hohen Druck zugeführt. Hierzu sind üblicherweise eine Kraftstoffförderpumpe und eine Hochdruckpumpe vorgesehen. Der Druck in dem Kraftstoffspeicher 20 kann auf vorgegebene  
30 Werte gesteuert und/oder geregelt werden. Hierzu kann dem Kraftstoffspeicher 20 ein Drucksensor und ein Drucksteuerventil zugeordnet sein. Aus dem Druckspeicher 20 werden dann alle Zylinder 11 der Brennkraftmaschine 10 mit Kraftstoff versorgt.

In der Figur 2 ist ein Verfahren zum Betreiben der Brennkraftmaschine 10 dargestellt. Dieses Verfahren wird von einem Steuergerät ausgeführt, das Eingangssignale von Sensoren, z.B. dem Drucksensor erhält, und die  
5 Ausgangssignale für Aktoren, z.B. für das Einspritzventil 17 oder das Drucksteuerventil erzeugt, mit denen die Brennkraftmaschine 10 steuerbar ist. Das Steuergerät ist derart hergerichtet, dass es das nachfolgend beschriebene Verfahren ausführen kann. Hierzu kann das Steuergerät in  
10 analoger Schaltungstechnik und/oder als digitaler Prozessor mit Speicher ausgebildet sein. In letzterem Fall ist ein Computerprogramm vorhanden, das derart programmiert ist, dass das beschriebene Verfahren mit Hilfe des Computerprogramms ausgeführt wird.

15 Das Verfahren geht davon aus, dass ein Maß für die Verkokung des Einspritzventils 17 verfügbar ist. Dieses Maß für die Verkokung wird nachfolgend als Verkokung MV bezeichnet. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass die  
20 Verkokung MV als prozentuale Angabe und mit einem Wertebereich von 0 % bis 100 % vorliegt.

Das Maß für die Verkokung kann beispielsweise dadurch  
ermittelt werden, dass ein Zähler vorhanden ist, der  
25 verkokungskritische Betriebspunkte der Brennkraftmaschine 10 zählt und aufsummiert, um in Abhängigkeit davon die Verkokung MV zu erzeugen und zur Verfügung zu stellen. Alternativ oder additiv ist es möglich, aus einer gemessenen oder ermittelten Lambda-Abweichung auf die  
30 Verkokung MV zu schließen. Es versteht sich, dass die Verkokung MV auch auf andere Weisen ermittelt werden kann, gegebenenfalls auch mit Hilfe von Sensoren und/oder Modellierungen. Ebenfalls versteht es sich, dass die Verkokung MV auch andersartige Wertebereiche aufweisen  
35 kann.

Bei dem Verfahren der Figur 2 sind drei Schwellwerte S1, S2 und S3 vorgesehen. Der erste Schwellwert S1 ist kleiner als der zweite Schwellwert S2 und der zweite Schwellwert S2 ist  
 5 kleiner als der dritte Schwellwert S3. Der Schwellwert S1 ist beispielsweise 3 %, der Schwellwert S2 beispielsweise 6 % und der Schwellwert S3 beispielsweise 15 %.

10 Gemäß der Figur 2 wird in einem Schritt 21 geprüft, ob die Verkokung MV größer ist als der Schwellwert S2. Ist dies nicht der Fall, also ist die Verkokung beispielsweise  
 kleiner als 6 %, so werden keine weiteren Schritte vorgenommen.

15 Ist die Verkokung MV jedoch größer als der Schwellwert S2, so wird in einem Schritt 22 ein Zähler n auf Null gesetzt. Danach wird in einem Schritt 23 der Druck in dem Kraftstoffspeicher 20 um einen Wert DKP1 erhöht. Die  
 vorgenannte erste Kraftstoffdruckerhöhung DKP1 wird dabei  
 20 in Abhängigkeit von dem momentanen Betriebspunkt BP der Brennkraftmaschine 10 ermittelt. Diese Kraftstoffdruckerhöhung DKP1 wird für eine vorgebare  
 Zeitdauer t1 aufrecht erhalten. Nach Ablauf der Zeitdauer  
 25 t1 wird die Kraftstoffdruckerhöhung DKP1 beendet, so dass der Druck in dem Kraftstoffspeicher 20 wieder seine normalen Werte annimmt.

In einem nachfolgenden Schritt 24 wird der Zähler n inkrementiert. Der Zähler n stellt damit diejenige Anzahl  
 30 dar, wie oft die Kraftstoffdruckerhöhung DKP1 durchgeführt bzw. wiederholt worden ist.

Die beschriebene Kraftstoffdruckerhöhung DKP1 für die Zeitdauer t1 kann zur Folge haben, dass eine Verkokung des  
 35 Einspritzventils 17 teilweise oder gar vollständig abgelöst

wird. Dies ergibt sich daraus, dass der erhöhte, auf den Kraftstoff einwirkende Druck mechanisch auf Partikel einwirkt, die sich an dem Einspritzventil 17 abgesetzt haben. Durch diese mechanische Einwirkung werden die  
5 Partikel gegebenenfalls abgelöst und die Verkokung damit vermindert.

In einem Schritt 25 wird geprüft, ob die Verkokung MV kleiner als der Schwellwert S1, also beispielsweise kleiner  
10 als 3 % ist. Ist dies der Fall, so hat die Kraftstoffdruckerhöhung DKP1 zu einer Verminderung der Verkokung MV geführt. In diesem Fall wird das Verfahren mit dem Schritt 21 fortgesetzt.

15 Ist die Verkokung MV jedoch nicht kleiner als der Schwellwert S1, so wird in einem Schritt 26 geprüft, ob der Zähler n größer ist als ein vorgegebbarer Schwellwert n1. Ist der Schwellwert n1 noch nicht erreicht, so wird das  
20 Verfahren mit den Schritten 23, 24 und 25 fortgesetzt. Dies bedeutet, dass die Kraftstoffdruckerhöhung DKP1 für die Zeitdauer t1 erneut vorgenommen wird und der Zähler n inkrementiert wird. Sofern weiterhin die Verkokung MV nicht kleiner ist als der Schwellwert S1, so wird die  
25 beschriebene Schleife so lange durchlaufen, bis der Zähler n den Schwellwert n1 erreicht hat. Es wird also so lange eine erneute Kraftstoffdruckerhöhung DKP1 für die Zeitdauer t1 durchgeführt, bis entweder die Verkokung MV kleiner ist als der Schwellwert S1, also beispielsweise kleiner als 3 %, oder bis der Zähler n größer ist als der Schwellwert n1.

30 Im ersten Fall wird, wie bereits erwähnt wurde, das Verfahren mit dem Schritt 21 fortgesetzt. Im zweiten Fall, also wenn die Verkokung MV nicht kleiner als der Schwellwert S1 geworden ist und der Zähler n den  
35 Schwellwert n1 erreicht hat, wird das Verfahren mit einem

Schritt 27 fortgesetzt. In diesem zweiten Fall hat also auch die mehrfache Wiederholung der Kraftstoffdruckerhöhung DKP1 nicht dazu geführt, dass die Verkokung MV unter den Schwellwert S1 gefallen ist.

5

In dem Schritt 27 wird geprüft, ob eine zweite Kraftstoffdruckerhöhung DKP2 eingeschaltet ist. Hierzu ist zu sagen, dass die Kraftstoffdruckerhöhung DKP2 kleiner oder größer als die Kraftstoffdruckerhöhung DKP1 sein kann, und dass sie in Abhängigkeit von dem momentanen

10

Betriebspunkt BP der Brennkraftmaschine 10 ermittelt wird. Im Unterschied zu der Kraftstoffdruckerhöhung DKP1, die, wie erläutert wurde, immer nur für die Zeitdauer t1 vorgenommen wird, wird die Kraftstoffdruckerhöhung DKP2

15

entweder eingeschaltet oder ausgeschaltet. Wenn die Kraftstoffdruckerhöhung DKP2 somit eingeschaltet ist, so wirkt sie so lange fortlaufend weiter, bis sie wieder ausgeschaltet wird.

20

Wird in dem Schritt 27 festgestellt, dass die Kraftstoffdruckerhöhung DKP2 ausgeschaltet ist, so wird in einem Schritt 28 geprüft, ob die Verkokung MV größer ist als der Schwellwert S3. Ist dies nicht der Fall, so wird das Verfahren mit dem Schritt 21 fortgesetzt, ohne dass die Kraftstoffdruckerhöhung DKP2 eingeschaltet wird.

25

Ist die Verkokung MV jedoch größer als der Schwellwert S3, also beispielsweise größer als 15 %, so wird in einem Schritt 29 die Kraftstoffdruckerhöhung DKP2 eingeschaltet.

30

Mit eingeschalteter Kraftstoffdruckerhöhung DKP2 wird dann das Verfahren mit dem Schritt 21 fortgesetzt.

Durch die Kraftstoffdruckerhöhung DKP2 werden Partikel, die sich an dem Einspritzventil 17 festgesetzt haben,

35

fortlaufend mechanisch beaufschlagt. Solange die Verkokung

MV trotzdem größer als der Schwellwert S2 bleibt, wird zusätzlich die Kraftstoffdruckerhöhung DKP1 gemäß den Schritten 21 bis 26 vorgenommen, so dass auf diese Weise eine weitere Erhöhung des auf den Kraftstoff einwirkenden Drucks erfolgt. Dieser zweifach erhöhte Druck wirkt auf die Verkokung MV des Einspritzventils 17 ein und führt zu einer Verminderung der Verkokung MV.

Wird in dem Schritt 27 festgestellt, dass die Kraftstoffdruckerhöhung DKP2 eingeschaltet ist, so wird in einem Schritt 30 geprüft, ob die Verkokung MV kleiner ist als der Schwellwert S2. Ist dies nicht der Fall, so wird das Verfahren mit dem Schritt 21 fortgesetzt, ohne dass die Kraftstoffdruckerhöhung DKP2 abgeschaltet wird. In diesem Fall wird also weiter versucht, die Verkokung MV durch die additive Verknüpfung der ersten und der zweiten Kraftstoffdruckerhöhung DKP1, DKP2 zu mindern.

Ist jedoch die Verkokung MV kleiner als der Schwellwert S2, also beispielsweise kleiner als 6 %, so wird die Kraftstoffdruckerhöhung DKP2 in einem Schritt 31 wieder ausgeschaltet. In diesem Fall liegt eine Verminderung der Verkokung MVB vor, so dass das Verfahren mit dem Schritt 21 fortgesetzt werden kann.

Ergänzend ist es möglich, dass nach dem Einschalten der Kraftstoffdruckerhöhung DKP2 im Schritt 29 das beschriebene Verfahren nicht direkt mit dem Schritt 21 fortgesetzt wird, sondern dass zuvor die Schritte 30 und gegebenenfalls 31 durchlaufen werden.

5 08.04.2003  
Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

# Ansprüche

10



15

20

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem Kraftstoff einem Kraftstoffspeicher (20) unter einem Druck zugeführt wird, und bei dem der Kraftstoff über ein Einspritzventil (17) in einen Brennraum (13) eingespritzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass eine Verkokung (MV) des Einspritzventils (17) ermittelt wird, und dass eine erste Kraftstoffdruckerhöhung (DKP1) vorgenommen wird, wenn die Verkokung (MV) einen Schwellwert (S2) überschreitet.

25



2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Kraftstoffdruckerhöhung (DKP1) für eine vorgebbare Zeitdauer (t1) vorgenommen wird.

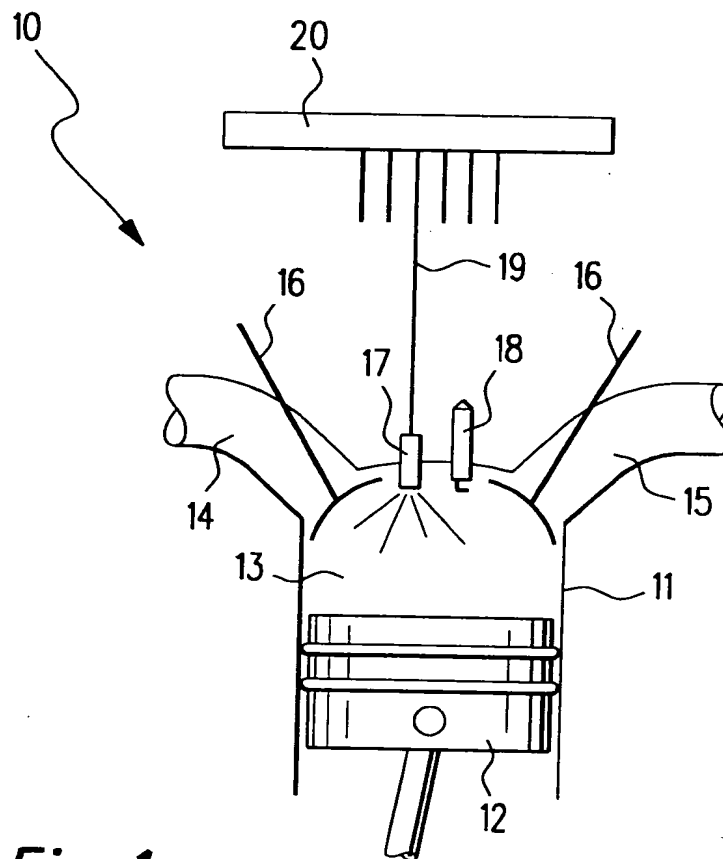
30

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Kraftstoffdruckerhöhung (DKP1) wiederholt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Wiederholung der ersten Kraftstoffdruckerhöhung (DKP1) beendet wird, wenn die Verkokung (MV) einen Schwellwert (S1) unterschreitet.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Wiederholung der ersten Kraftstoffdruckerhöhung (DKP1) beendet wird, wenn die Anzahl (n) der Wiederholungen einen Schwellwert (n1) überschreitet.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine zweite Kraftstoffdruckerhöhung (DKP2) eingeschaltet wird, wenn die Verkokung (MV) einen Schwellwert (S3) überschreitet.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Kraftstoffdruckerhöhung (DKP2) ausgeschaltet wird, wenn die Verkokung (MV) den Schwellwert (S2) unterschreitet.
8. Verfahren nach Anspruch 5 und einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Kraftstoffdruckerhöhung (DKP2) nur dann eingeschaltet wird, wenn die Wiederholung der ersten Kraftstoffdruckerhöhung (DKP1) dadurch beendet wird, dass die Anzahl (n) der Wiederholungen einen Schwellwert (n1) überschreitet.
9. Computerprogramm, das zur Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 programmiert ist.
10. Steuergerät, das zur Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 hergerichtet ist.
11. Brennkraftmaschine (10) mit einem Steuergerät, das zur Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 hergerichtet ist.

1 / 2

*Fig. 1*

2 / 2

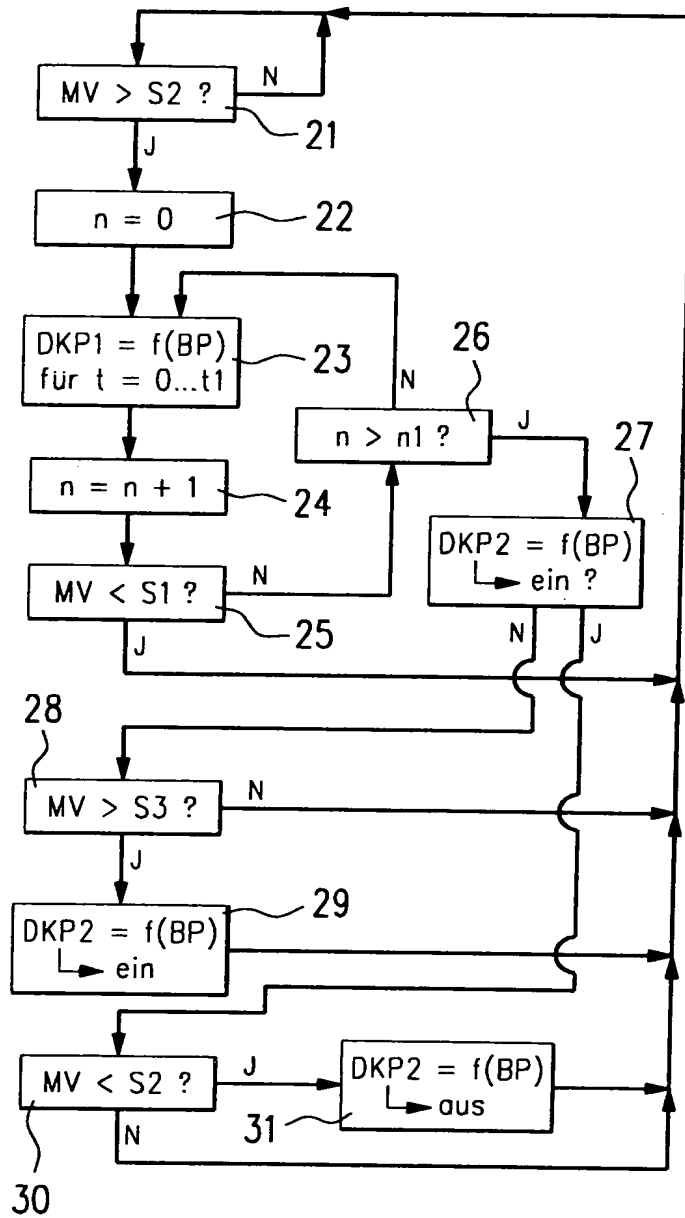


Fig. 2

08.04.2003 SCH/NEG

5 Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

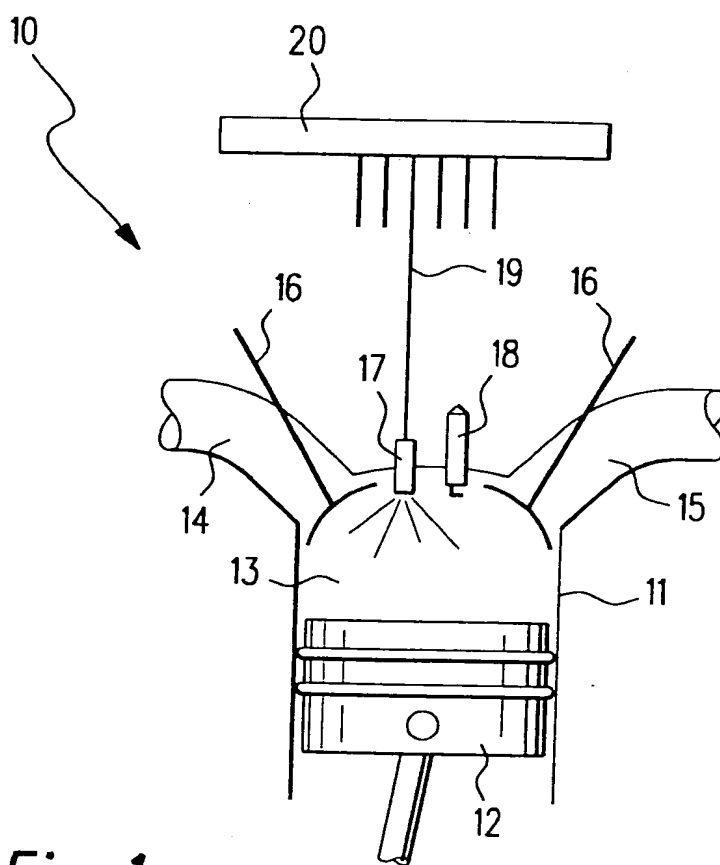
10 Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine  
insbesondere eines Kraftfahrzeugs

Zusammenfassung

15

Es wird ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10) insbesondere eines Kraftfahrzeugs beschrieben. Bei dem Verfahren wird Kraftstoff einem Kraftstoffspeicher (20) unter einem Druck zugeführt. Der Kraftstoff wird über ein Einspritzventil (17) in einen Brennraum (13) eingespritzt. Eine Verkokung des Einspritzventils (17) wird ermittelt. Eine erste Kraftstoffdruckerhöhung wird vorgenommen, wenn die Verkokung einen Schwellwert überschreitet. Figur 1

25



*Fig. 1*